

# 露地ナスほ場における環境保全型農業の指標生物の選抜 および評価手法の開発

岩橋良典・山田顕史<sup>1</sup>

和歌山県農業試験場

## Selection of Indicator Animals and Development of Assessment Method for Sustainable Agriculture in Eggplant Field

Yoshinori Iwahashi and Akihumi Yamada<sup>1</sup>

*Agricultural Experiment Station, Wakayama Prefecture*

### 緒言

近年、消費者の食の安全・安心志向や農作物栽培による環境負荷の増大を防ぐ観点から、環境保全型農業の重要性は高まっている。環境保全型農業の実践程度を、科学的根拠に基づいて簡便に判定することができれば、環境保全型農業の推進に大きく貢献すると考えられる。

和歌山県北部で栽培される主要野菜のひとつである露地ナスでは、生産者の労働軽減、食の安全、環境保全の観点から農薬使用の削減が要望されている。その一方で、露地ナスは栽培期間中に害虫の被害が多く、ミナミキイロアザミウマなど高度薬剤抵抗性害虫も多く発生する（辻野ら、2005；柴尾ら、2007）。露地ナスでは、ミナミキイロアザミウマの有力な土着天敵として、ヒメハナカメムシ類 *Orius* sp.がみいだされ（永井ら、1988）、これを中心とした環境保全型総合防除体系の構築も行われた（永井、1991）。さらに、実際の栽培における実用性も実証されている（大野ら、1995）。他にも、バンカー植物の利用技術（近畿中国農業試験研究推進事務局、2000）や複数の環境に配慮した病虫害防除技術が開発され、これらを用いた減農薬栽培が行われている。このように、露地ナスにおいては、複数の害虫防除技術を組み合わせて、程度の異なる環境保全型農業を行うことが可能となっている。しかし、環境保全型農業の実践程度を判定するための簡便な評価手法は開発されていなかった。

そこで、筆者らは、防除圧の異なる露地ナスほ場で農業に有用な土着天敵類等の発生状況を調査し、環境保全型農業と関連した生物多様性の指標となる生物種を選抜して、これらを用いた簡便な評価手法を開発したので報告する。

なお、この研究は農林水産省委託プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」により実施した。

---

<sup>1</sup>現在：環境生活総務課

## 材料および方法

### 1. 環境保全型農業と関連した生物多様性の指標生物候補の選抜

有機栽培ほ場や減農薬栽培ほ場において特徴的に現れる指標生物の候補を選定するために、県北部の防除圧の異なる4ほ場で、2008年、2009年の5月～11月に2週間間隔で害虫、土着天敵類などの発生状況を調査した。これらのほ場の農薬使用履歴をもとに、慣行栽培ほ場、減農薬栽培ほ場、有機栽培ほ場に分類した。調査ほ場の概要を第1表に示した。調査は、上位葉、中位葉各40葉と50花に生息する節足動物の種類と個体数を、葉では見取り法、花では花たたき法で調査した。生物種毎に、連続した2ヵ月間を1区とし、各調査日の個体数を区内の反復に用いて、ほ場間でTukey-Kramer法により多重比較した。

### 2. 指標生物候補の妥当性の検証とスコア集計表の作成

選抜した指標生物候補の実用性を確認し、防除体系の違いが最も強く反映される調査時期、部位を明らかにするために、県北部を都市近郊、農村の2地域にわけ、それぞれ6、5か所の防除圧の異なる圃場で、2010年6月～11月に1～2週間間隔で指標生物候補（ヒメハナカメムシ類、ウロコアシナガグモ、植物体上のクモ類、寄生蜂類）の葉での発生状況を1.と同様に調査した。また、黄色粘着トラップを設置し、誘殺数を同時に調査した。調査ほ場は、6、7月の2ヵ月間にヒメハナカメムシ類、寄生蜂類に影響の大きい殺虫剤（日本バイオリジカルコントロール協議会、2010）を3成分以上散布した場合に慣行栽培、1、2成分散布を減農薬栽培、無散布を有機栽培に分類した。調査ほ場の概要は、第2表のとおりである。

1ヵ月を1区とし、各調査日の数値を反復に用いて、見取り法により得られた節足動物の各月の1葉当たり合計生息数、黄色粘着トラップの1日・100 cm<sup>2</sup>当たりの捕捉数を  $\ln(n+0.5)$  に変換し、地域、防除体系間で2元配置分散分析を行った（山村、2002）。この結果を基に、指標生物候補ごとの最適調査時期、調査方法を決定して、防除圧の違いを最も正確に判別できる指標生物の頭数を算出し、簡易評価を行うためのスコア集計表を作成した。

### 3. 評価手法の作成

県北部、中部、南部の3地域の防除圧の異なるそれぞれ8、8、6ほ場で2011年7月に1～3週間間隔で指標生物の発生状況を調査した。調査ほ場の分類、調査方法は2.と同様とした。調査ほ場の概要は、第2表に示した。2010年と2011年の調査結果を用いて、2.で作成した集計表により、第7表の注釈A～Eに示した条件でスコア合計点を算出し、1、2、3点以上を、それぞれ有機・減農薬栽培の基準とした場合の、防除圧に基づき決定した基準との適合率を調べた。

第1表 指標生物候補種調査ほ場の概要(2008年・2009年)

年	区分	場所	障壁植物	殺虫剤散布回数
2008	①有機	岩出市	ソルゴー	0回(0成分)
	②減農薬	紀の川市	なし	8回(10成分)
	③慣行A	紀の川市	なし	5回(10成分)
	④慣行B	紀の川市	ソルゴー	15回(30成分)
2009	①有機	岩出市	ソルゴー	0回(0成分)
	②減農薬	紀の川市	なし	6回(6成分)
	③慣行A	紀の川市	ソルゴー	14回(19成分)
	④慣行B	紀の川市	ソルゴー	18回(33成分)

注)いずれも品種は「千両2号」、4月中～5月下旬に定植

第2表 指標生物候補または指標生物調査ほ場の概要(2010・2011年)

年・場所	所在地	回数(成分数)	影響が大きい成分数 <sup>z)</sup>		区分 <sup>y)</sup>	年・場所	所在地	回数(成分数)	影響が大きい成分数 <sup>z)</sup>	
			い	い					い	い
2010 都市近 郊地域	① 和歌山市	5回(6)	4	慣行	2011 県中部	① 御坊市	2回(6)	3		
	② 和歌山市	2回(2)	2	減		② 御坊市	2回(4)	3		
	③ 和歌山市	3回(5)	3	慣行		③ 御坊市	3回(3)	3		
	④ 和歌山市	6回(13)	6	慣行		④ 日高川町	5回(12)	6		
	⑤ 和歌山市	4回(4)	1	減		⑤ 日高川町	6回(6)	3		
	⑥ 岩出市	0回(0)	0	有機		⑥ 日高川町	2回(5)	4		
2010 農村 地域	⑦ 紀の川市	7回(13)	6	慣行		⑦ 日高川町	2回(4)	2		
	⑧ 紀の川市	2回(2)	2	減		⑧ 日高川町	3回(6)	3		
	⑨ 紀の川市	2回(3)	3	慣行	2011 県南部	① 田辺市	3回(5)	4		
	⑩ 紀の川市	4回(6)	3	慣行		② 田辺市	1回(1)	1		
	⑪ 紀の川市	5回(7)	5	慣行		③ 田辺市	5回(5)	4		
① 紀の川市	6回(11)	8	慣行	④ 田辺市		3回(3)	3			
② 紀の川市	3回(5)	1	減	⑤ 田辺市		4回(4)	4			
③ 和歌山市	4回(4)	4	慣行	⑥ 田辺市		3回(3)	2			
2011 県北部	④ 和歌山市	4回(5)	4	慣行						
	⑤ 和歌山市	0回(0)	0	有機						
	⑥ 和歌山市	3回(3)	2	減						
	⑦ 和歌山市	4回(5)	4	慣行						
	⑧ 岩出市	0回(0)	0	有機						

z) ヒメハナカメムシ類または寄生蜂類に影響が大きい殺虫剤散布成分数  
 (合成ピレスロイド系, 有機リン系, ネオニコチノイド系, マクロライド系, フェニルピロロール系など)  
 y) 慣行: 慣行栽培ほ場, 減: 減農薬栽培ほ場, 有機: 有機栽培ほ場

## 結果および考察

### 1. 環境保全型農業と関連した生物多様性の指標生物候補の選抜

防除圧の異なる4ほ場で調査した各年度の節足動物生息数を比較した結果, ヒメハナカメムシ類, ヒメヨコバイ類が調査部位にかかわらず, 両年ともに有機栽培ほ場で有意に発生が多かった. 観察されたヒメハナカメムシ類は, ナミヒメハナカメムシ, タイリクヒメハナカメムシ, コヒメハナカメムシの3種であった. また, 発生していたヒメヨコバイ類を同定した結果, ミドリヒメヨコバイ属の3種(マメノミドリヒメヨコバイ, *Empoasca kaicola*, *Empoasca cienka*) とヒメヨコバイ科の別属のヒトツメヒメヨコバイであった(同定した95個体のうち, ヒトツメヒメヨコバイは1頭で, その他はすべてミドリヒメヨコバイ属. 九州大学・大原直通博士, 東京農業大学・石川忠博士同定). ウロコアシナガグモは2009年7月以降の上位葉において, 有機栽培ほ場で有意に発生が多かった. チャタテムシ類は成虫, 幼虫ともに2009年8月以降の中位葉において生息密度が有意に高かった. 2年間の調査を通じてアブラムシのマミー数, ヒラタアブ類の幼虫数およびクサカゲロウ類の卵の数にほ場間の有意な差は認められなかった(第3表).

2年間の調査を通じて, 有機栽培ほ場で生息数が有意に多かったことから, 天敵類の中では, ヒメハナカメムシ類, ウロコアシナガグモが指標生物候補として適すると考えられた. しかし, ウロコアシナガグモに特定せず, 植物体上を徘徊するすべてのクモ類を調査した方が, より簡便になることから, 指標生物候補の妥当性の検証では, すべてのクモ類の生息数も調べることにした. その他の昆虫では, ミドリヒメヨコバイ類が両年とも有意に多く, チャタテムシも2009年には9月以降

多かったが、天敵昆虫ではないため、指標生物候補として適さないと判断した。寄生蜂類、テントウムシ類、クサカゲロウ類は、天敵として重要な役割を果たしていると考えられる（大野，2003）ため、指標生物候補種として追加採用し、以後の検討を行った。

第3表 防除圧の異なる露地ナスほ場における指標生物候補種の部位別発生状況

種名等	年	上位葉(見取り法)				中位葉(見取り法)				花(花たたき法)			
		比較期間(月/月)				比較期間(月/月)				比較期間(月/月)			
		6/7月	7/8月	8/9月	9/10月	6/7月	7/8月	8/9月	9/10月	6/7月	7/8月	8/9月	9/10月
ヒメハナカメムシ類 (成虫+幼虫)	2008	△	○			△	○				○	×	
	2009					△		○				○	
ヒメハナカメムシ類 (成虫)	2008				×		○				△		
	2009					△	△	○			△		
ヒメハナカメムシ類 (幼虫)	2008	○	○			△	○						
	2009								○			○	
植物体上のクモ類	2008										△		
	2009		△					○	△				
ウロコアシナガグモ	2008												
	2009		○	△							△		
アブラムシのママ	2008												
	2009												
クサカゲロウ類(幼虫)	2008										△		
	2009												
クサカゲロウ類(卵)	2008												
	2009												
ヒラタアブ類(幼虫)	2008												
	2009												
ヒメヨコバイ類 (成虫+幼虫)	2008		○	○	△		○	○	△				
	2009		○	△			○	○	○				
ヒメヨコバイ類(成虫)	2008		△				○	○					
	2009		△		○		△						
ヒメヨコバイ類(幼虫)	2008		○	○	○		○	○	△				
	2009		○	△			○	○	○				
チャタテムシ類 (成虫+幼虫)	2008												
	2009							○	○				
ハネカクシ類 (成虫)	2008												
	2009												

有機、減農薬、慣行A、慣行Bについて、連続した2ヵ月分の平均値をTukey-Kramer法により多重比較した。

有機栽培圃場との間で有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められたほ場数に応じて以下の記号で示した。

○：3ほ場全てに対し有意差があったもの(有機栽培ほ場が、有意に多かった。)

△：1または2ほ場に対し有意差があったもの(有機栽培ほ場が、他の1または2ほ場に対し有意に多かった。)

×：逆の差で有意差があったもの(有機栽培ほ場が、有意に少なかった。)

## 2. 指標生物候補の妥当性の検証とスコア集計表の作成

見取り法の数値を基に2元配置分散分析を行った結果を第4表に示した。植物体上のクモ類は7月の上位葉での生息数が防除体系の違いを反映し、減農薬・有機栽培ほ場で有意に多かった。しかし、ウロコアシナガグモに特定した場合、7、10月の上位葉で防除体系による同様の差は認められたが、地域による差の方が大きかった。ヒメハナカメムシ類は、7月の上位葉、中位葉で減農薬、有機栽培ほ場で有意に多く、テントウムシ類、ヒラタアブ類、クサカゲロウ類では防除圧の異なる園地間に有意な差がなかった(第4表)。これらのことから、ウロコアシナガグモに特定せず、植物体上のクモ類を指標とした方がより適すると考えられたので、見取り法による植物体上のクモ類とヒメハナカメムシ類(成虫+幼虫)の2種の指標生物の調査時期は7月が適すると思われた。ナスは一般的に管理作業の一環として夏期に切り戻しが行われる(鈴木, 1996)。本県においても2008年~2010年の調査ほ場では8月上旬を中心に切戻作業を実施されており、この観点からも調査時期は7月がよいと思われる。また、調査部位は、ヒメハナカメムシ類、植物体上のクモ類ともに有意

に多かった上位葉が、両生物種を一度に調査できることから適すると思われた。

次に、黄色粘着トラップの数値を基に2元配置分散分析を行ったところ、ヒメハナカメムシ類は7、8月に防除体系の違いを反映し、有機・減農薬栽培ほ場で有意に多く、寄生蜂類も7月に同様の差が認められたが、地域による差のほうが大きかった(第5表)。黄色粘着トラップにおける寄生蜂類(成虫)、ヒメハナカメムシ類(成虫)の捕捉数も見取り法と同様に7月に有意に多かったことから、見取り法に本法による調査を併用することが有効と思われた。

2010年7月の11園での4回の調査により得られた44件の数値を用いて、指標生物ごとに、慣行栽培と有機・減農薬栽培を最もよく判別できる頭数(境界値)を調べ、第1図に示す結果を得た。すなわち、見取り法では、植物体上のクモ類は0.10頭/葉、ヒメハナカメムシ類は0.05頭/葉で誤審率が最も低かった。黄色粘着トラップの捕捉数では、ヒメハナカメムシ類は0.16頭/100cm<sup>2</sup>/日、寄生蜂類は0.8頭/100cm<sup>2</sup>/日を境界値とした場合に最も誤審率が低かった(第1図)。これらのことから、この数値を境界値とするのがよいと判断した。

これらの結果をもとに、境界値を1ほ場当たりの全調査葉である40葉、黄色粘着トラップ1枚当たりに換算して、この数値以上の値が観察または捕捉された場合にスコア1を与えるとする集計表を作成した(第6表)。

第4表 見取り調査の月別発生状況(2010年)

調査対象	調査部位 調査月	上位葉				中位葉					
		6月	7月	8月	9月	10月	6月	7月	8月	9月	10月
植物体上のクモ類	地域						*				
	防除体系		*	*							
	(相互作用)				*	*				*	
ウロアシナガゲモ	地域		*	*		*	*				
	防除体系		*			*					
	(相互作用)		*			*				*	
ヒメハナカメムシ類 (成虫+幼虫)	地域	*			*	*	*		*	*	*
	防除体系		*	*	*			*	*	*	*
	(相互作用)				*	*			*		
寄生蜂類 (成虫)	地域			*							*
	防除体系										
	(相互作用)			*		*	*	*	*		
ヒラタアブ類 (幼虫)	地域										
	防除体系										
	(相互作用)										
テントウムシ類 (成虫+幼虫)	地域										
	防除体系										
	(相互作用)										

注)和歌山市、岩出市を都市近郊地域、紀の川市を農村地域とした。1葉あたりの生息数(n)をln(n+0.5)変換後、2元配置分散分析

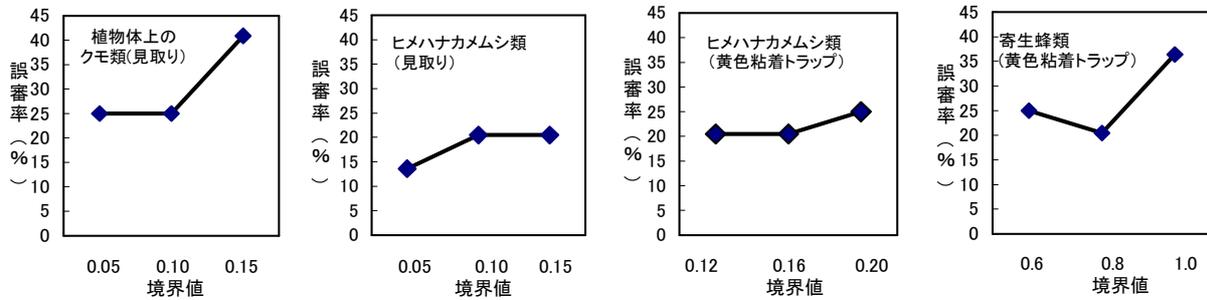
\* : p<0.05で、有機・減農薬栽培ほ場で有意に発生が多いことを示す。 \*\* : p<0.01で、有機・減農薬栽培ほ場で有意に発生が多いことを示す

第5表 黄色粘着トラップ<sup>o)</sup>の月別発生状況の結果(2010年)

調査対象	調査月	7月	8月	9月	10月
ヒメハナカメムシ類(成虫)	地域				
	防除体系 (相互作用)	* *	*		
寄生蜂類(成虫)	地域	* *			
	防除体系 (相互作用)	*			
テントウムシ類(成虫)	地域				
	防除体系 (相互作用)				
クサカゲロウ類(成虫)	地域				
	防除体系 (相互作用)				

注) 1日・100<sup>o)</sup>あたりの捕獲数(n)をln(n+0.5)変換後、二元配置分散分析

\* はp<0.05で有意差が認められた \* \* はp<0.01で有意差が認められた



第1図 慣行栽培と有機・減農薬栽培を判定する誤審率が最小になる境界値(2010年)

注) 境界値とは慣行栽培と有機・減農薬栽培を最もよく判別できる頭数(頭)

第6表 露地栽培ナスほ場における環境保全型農法のスコア集計表

指標生物	調査方法	調査単位	評価基準	スコア	チェック欄
植物体上のクモ類	見取り	個体数・上位40葉	4頭以上 <sup>z)</sup>	1	点
ヒメハナカメムシ類	見取り	個体数(成虫+幼虫)・上位40葉	2頭以上 <sup>y)</sup>	1	点
ヒメハナカメムシ類	黄色粘着トラップ	個体数(成虫)・トラップ・7日	4頭以上注 <sup>x)</sup>	1	点
寄生蜂類	黄色粘着トラップ	個体数(成虫)・トラップ・7日	22頭以上 <sup>w)</sup>	1	点

z) 0.1頭/葉×40葉=4頭, y) 0.05頭/葉×40葉=2頭, x) 0.16頭/日・100cm<sup>2</sup>×400/100×7日=4.48頭

w) 0.8頭/日・100cm<sup>2</sup>×400/100×7日=22.4頭

### 3. 評価手法の作成

2. で作成したスコア集計表を用いて、異なる条件で算出した合計点を3段階の基準で慣行と有機・減農薬栽培ほ場に分類し、防除圧に基づき決定した分類との適合率を調べた。その結果、合計点1点以上を有機・減農薬栽培の基準として評価すると、条件Aでの適合率は67%で、B、Cでは適合率が他に比べてやや低く、D、Eはそれぞれ64、67%であった。合計点2点以上を基準とした場合、条件Aの適合率は76%と最も高く、B、Cでは67%であった。合計点3点以上を基準とした場合も、条件Aでは76%と高く、次いでC、Bの順であった（第7表）。

このように、合計点1点を基準とすると、すべての条件で適合率は低く、慣行栽培ほ場の41～64%が合計点1点以上となり、減農薬栽培と判定されたことから、この基準は適用できないと判断した。2点を基準とした場合の条件A、3点を基準とした場合の条件A、Eの適合率は76%と、今回検討した組み合わせの中では最も高かった。しかし、3点を基準とした2条件では、有機・減農薬栽培ほ場の適合率が36%と低く、誤審が特定の栽培に偏る傾向であった。これらに対し、合計点2点を基準として、7月に複数回調査し調査日ごとの合計点の平均を用いる条件の適合率は、慣行、有機・減農薬栽培ともに70%を超えていたことから、評価手法として最適であると考えられた。

以上のことから、環境保全型農業の実践程度は、まず指標生物として植物体上のクモ類、ヒメハナカメムシ類、寄生蜂類を対象とし、上位葉での見取り法と黄色粘着トラップを併用して、7月に7日以上の間隔をあけて3～4回調査する。次に調査結果を第7表により集計し、調査日毎の合計点の平均値を算出する。最後に、合計点2点以上を有機・減農薬栽培の基準として判定するという手順をとることで、比較的安定して高い適合率で評価できると考えられた。本評価手法を利用することによって、農業に有用な土着天敵が温存できているかの目安を得ることが可能となり、生産者は、自らの取り組みが、環境保全型農業に有用な効果があるかを客観的に評価できると考えられる。

第7表 合計点数と適合率（%）

条件	1点以上を基準とした場合の適合率			2点以上を基準とした場合の適合率			3点以上を基準とした場合の適合率		
	慣行	有機・減農薬	合計	慣行	有機・減農薬	合計	慣行	有機・減農薬	合計
A	59	82	67	77	73	76	95	36	76
B	36	100	58	59	82	67	64	64	64
C	36	100	58	59	82	67	73	64	70
D	45	100	64	64	82	70	86	54	76
E	59	82	67	73	73	73	95	36	76

A: 7月に複数回調査し、調査日毎の合計点を平均して、評価する。

B: 7月に複数回調査して項目毎に点数(1点または0点)をつけ、項目毎の最も高い点数を合計して、その合計点で評価する。

C: 7月に複数回調査して日毎の合計点を算出し、最も高い得点の日で評価する。

D: 7月上旬に1回調査して評価する。

E: 7月下旬に1回調査して評価する。

## 摘 要

環境保全型農業と関連した生物多様性の指標となる生物種を選抜するため、県北部の防除圧の異なる露地ナスほ場で 2008 年、2009 年に土着天敵類等の発生状況を調査した。その結果、有機栽培で生息数が有意に多かったヒメハナカメムシ類、植物上クモ類を指標生物候補として選抜した。ほ場内で天敵として重要な役割を果たす寄生蜂類を加え、2010 年の調査結果を基に、指標生物の生息数を評価基準とした、環境保全型農業の実践程度を判断するためのスコア集計表を作成した。2011 年の県北部～南部の防除圧の異なる露地ナスほ場での調査結果を用いて異なる条件で集計したスコア合計点を、1, 2, 3 点を基準として有機・減農薬栽培と慣行栽培に分類し、実際の防除回数による分類と比較した。その結果、7 月に 7 日以上の間隔をあけてスコア集計表に基づき 3～4 回調査し、調査日毎の合計点の平均値を算出して、この数値が、2 点以上を有機・減農薬栽培、2 点未満を慣行栽培とした場合に最も適合率が高く、評価手法として適すると考えられた。

## 引用文献

- 近畿中国農業試験研究推進事務局. 2000. 平成 11 年度近畿中国農業研究成果情報, 防風用ソルゴー及び土着天敵を利用した露地ナスのミナミキイロアザミウマ防除. 75-76.
- 永井一哉・平松高明・逸見尚. 1988. ハナカメムシ *Orius* sp.(Hemiptera:Anthocoridae)によるミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera:Thripidae)の密度抑制について. 応動昆. 32 : 300-304.
- 永井一哉. 1991. 露地栽培ナスでのミナミキイロアザミウマの総合防除の体系. 応動昆. 35 : 283-289.
- 日本バイオロジカルコントロール協議会. 2010. 天敵等に対する農薬の影響目安の一覧表(第19版). 大野和郎・嶽本弘之・河野一法・林恵子. 1995. 露地栽培のナスにおけるミナミキイロアザミウマの総合防除体系の有効性. 福岡農総試研究報告. 14 : 104-109.
- 大野和郎. 2003. 露地野菜害虫に対する天敵の利用と今後の課題. 植物防疫 57. 510-514.
- 辻野護・長町知美・柴尾学. 2005. ナス葉片浸漬法およびソラマメ催芽種子浸漬法によるミナミキイロアザミウマの薬剤殺虫効果. 関西病虫研報 47 : 147-148.
- 柴尾学・岡田清嗣・田中寛. 2007. スピノサド剤とクロルフェナピル剤に対して感受性の低いミナミキイロアザミウマの発生. 関西病虫研報 49 : 85-86.
- 鈴木芳夫. 1996. 新版図集・野菜栽培の基礎知識. P. 109. 社団法人農山漁村文化協会. 東京.
- 山村光司. 2002. 正しい分散分析結果を導くための変数変換法. 植物防疫 56. 436-441.